



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Patentschrift

DE 196 45 035 C 1

(5) Int. Cl. 6:  
H 04 N 9/30

(21) Aktenzeichen: 196 45 035.7-31  
 (22) Anmeldetag: 31. 10. 96  
 (43) Offenlegungstag: -  
 (45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 4. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:  
Averbeck, Robert, Dr., 81371 München, DE; Tews,  
Helmut, Dr., 82008 Unterhaching, DE

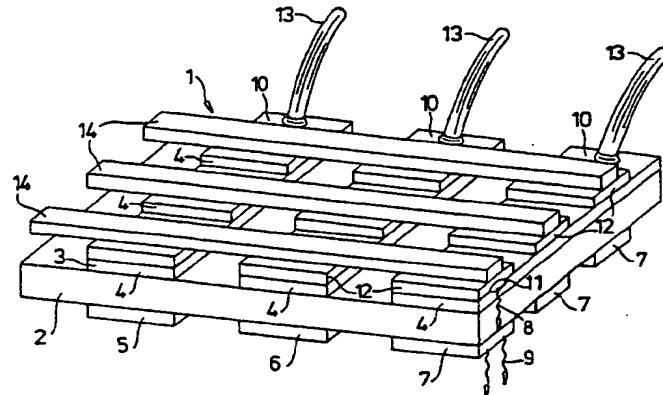
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 28 20 889 C2  
DD 01 51 828

US-Z.: RAALTE, von: Matrix TV displays: Systems  
and circuit problems, In: IEEE Transactions on  
Consumer Electronic, Vol. CE-21, No. 3,  
August 1975, S. 213-219;  
DE-Z.: REUBER, C.: Flachbildschirme... der weite  
Weg zu Nipkows Vision, In: Fernseh- und Kino-  
Technik, 47. Jg., Nr. 4, 1993, S. 231-242;

(54) Mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung

(55) Die Erfindung bezieht sich auf eine hochauflösende, mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung mit einer monolithisch integrierten Anordnung (1). Die monolithisch integrierte Anordnung (1) weist einen durchsichtigen bzw. wenigstens durchscheinenden Träger (2) auf, auf dessen einer Seite eine vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittierende Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) ausgebildet ist, wobei auf dem Träger (2) eine Vielzahl von optisch voneinander getrennten, der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) zugeordneten Lumineszenzkonversionselementen (5, 6, 7) mit Leuchtstoffen einer vorbestimmten Farbe aufgebracht ist, die das von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) im UV-Wellenlängenbereich emittierte Licht (8) empfangen, in sichtbares Licht (9) umwandeln und abstrahlen.



## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung. Sie bezieht sich insbesondere auf eine hochauflösende Bildanzeigevorrichtung mit einer monolithisch integrierten Anordnung.

Als Ersatz für die derzeit verwendeten Kathodenstrahleröhren zur hochauflösenden farbigen Anzeige von Bildern werden derzeit Bildanzeigevorrichtungen mit einer monolithisch integrierten Anordnung entwickelt, die mittels Halbleitertechnologie-Fertigungsschritten herstellbar ist und welche wegen einer deutlich verringerten Baugröße völlig neuen Anwendungsbereichen zugeführt werden können, beispielsweise Brillen mit eingebautem Farbdisplay oder dergleichen. Obzwar bereits Leuchtdioden oder der gleichen lichtemittierende Einzel-Halbleiter-Bauelemente, die in unterschiedlichen Farben leuchten, zur Verfügung stehen, bestehen bei der Herstellung von hochauflösenden mehrfarbigen Bildanzeigevorrichtungen erhebliche technologische Schwierigkeiten unter anderem deswegen, da Leuchtdioden für die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau nicht mit einer einheitlichen Epitaxietechnik realisierbar sind. Aufgrund der großen Materialunterschiede der für die Herstellung solcher Displays benötigten, in unterschiedlichen Farben leuchtenden Einzel-Halbleiter-Bauelemente mit den Grundmaterialien GaAsP : N, InGaAlP, InGaAlN ist auch in Zukunft eine Lösung der technologischen Schwierigkeiten nicht zu erwarten. Die derzeit praktizierte Montage verschiedener fertiger Leuchtdioden-Chips auf einem Träger ist mit sehr hohen Kosten und im übrigen auch mit einer nur geringen erreichbaren Auflösung verbunden.

Aus John A. van Raalte, Matrix TV displays: Systems and circuit problems, in: IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. CE-21, No. 3, August 1975, S. 213 - 219 ist eine mehrfarbiges Licht abstrahlende Plasma-Bildanzeigevorrichtung bekannt, bei der UV-Licht abstrahlende Plasmalelemente mit Photolumineszenz-Phosphoren kombiniert sein können. Darüber hinaus sind Fernsehbildanzeigenvorrichtungen bekannt, bei denen Leuchtdioden in Form einer Matrix angeordnet sind.

Aus C. Reuber, Flachbildschirme . . . der weite Weg zu Nipkows Vision, in: Fernseh- und Kino-Technik, 47. Jahrg., Nr. 4, 1993, S. 231-242 ist eine Fernsehbildwiedergabevorrichtung nach dem Prinzip der Gasentladungstechnik bekannt. In diesem Zusammenhang ist weiterhin bekannt, daß für eine vollfarbige Wiedergabe die orangefarb leuchtende Neon-Argon-Mischung durch eine ultraviolette Strahlung erzeugende Gasmischung ersetzt und das UV mit Leuchtdioden in die Grundfarben RGB transformiert werden muß.

Aus der DD 01 51 828 ist bekannt, UV-Licht dadurch sichtbar zu machen, daß das ultraviolette Licht Photolumineszenz in einer geeigneten Stelle anregt.

Aus der DE 28 20 889 C2 sind lumineszierende Substanzen aus Oxide von Alkalimetallen, seltenen Erden und Phosphor und deren Verwendung in Kathodenstrahleröhren sowie Vorrichtungen zur Umwandlung von UV-Licht in sichtbares Licht bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine technologisch einfach herzustellende, mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen.

Diese Aufgabe wird durch eine Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 1 gelöst.

Erfindungsgemäß ist insbesondere vorgesehen, daß die Bildanzeigevorrichtung eine monolithisch integrierte Anordnung mit einem durchsichtigen bzw. wenigstens durchscheinenden Träger aufweist, auf dessen einer Seite eine vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittierende

Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung ausgebildet ist, und auf dem eine Vielzahl von optisch voneinander getrennten, der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung zugeordneten Lumineszenzkonversionselementen mit Leuchtdioden einer vorbestimmten Farbe aufgebracht ist, die das von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung im UV-Wellenlängenbereich emittierte Licht empfangen, in sichtbares Licht umwandeln und abstrahlen.

10 Anstelle einer vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittierende kann eine blaues Licht emittierende Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung verwendet werden. Der besondere Vorteil einer im UV-Wellenlängenbereich emittierenden Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung besteht darin, daß sie keine oder deutlich weniger sichtbare und damit eventuell störende Reststrahlung aus sendet.

Insbesondere ist vorgesehen, daß die auf dem Träger aufgebrachten Lumineszenzkonversionselemente abwechselnd mit Leuchtdioden der drei Grundfarben ausgestattet sind, welche so ausgewählt sind, daß sich bei Bestrahlung insbesondere mit UV-Licht das gesamte sichtbare Spektrum abdecken läßt. Insbesondere kann hierbei vorgesehen sein, daß als Farbstoffe für die in den drei Grundfarben Rot, Grün, Blau leuchtenden Lumineszenzkonversionselemente ZnS : Ag, ZnS : Cu, Al bzw. ZnCdS : Ag verwendet werden. Ebenso können als Leuchtdioden aber auch Phosphore, wie beispielsweise YAG : Ce und andere mit seltenen Erden dotierte Granate, Thiogallate, Aluminat oder Orthosilikate verwendet sein.

Bei einer besonders einfach herzustellenden Ausführung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Lumineszenzkonversionselemente auf der der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung abgewandten Seite des Trägers aufgebracht sind.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die auf der einen Seite des Trägers ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung eine Vielzahl von matrixförmig auf dem Träger angeordneten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdioden aufweist, die zur Abstrahlung von Licht im UV-Wellenlängenbereich jeweils einzeln elektronisch ansteuerbar sind. Hierbei kann die Vielzahl der auf dem Träger ausgebildeten Halbleiter-Leuchtdioden oder Laserdioden zeilen- und spaltenweise angeordnet und elektrisch ansteuerbar sein.

Von Vorteil ist vorgesehen, daß der durchsichtige bzw. wenigstens durchscheinende Träger durch ein Saphir-Substrat ausgebildet ist. Das als Substratmaterial von Vorteil zum Einsatz gelangende Saphir ist relativ kostengünstig in großen Flächen verfügbar (typischerweise sind Scheiben durchmesser von drei Zoll und mehr erhältlich) und bietet aufgrund seiner ausgesprochen hohen mechanischen Stabilität die neben den elektronischen Eigenschaften gleichzeitig geforderten mechanischen Eigenschaften.

55 Von Vorteil kann weiterhin vorgesehen sein, daß das Grundmaterial der monolithisch integrierten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung GaN aufweist. Da das Halbleitermaterial GaN auch für Anwendungen der Leistungselektronik geeignet ist, ermöglicht diese Ausbildung gleichzeitig eine Integration von Leistungstreiberorschaltung oder elektronischen Ansteuerungsschaltungen.

Von Vorteil kann ferner vorgesehen sein, daß die auf der einen Seite des Trägers ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung eine Schichtenfolge aus Halbleitermaterialien, insbesondere eine Schichtenfolge mit einer aktiven Schicht aus  $Ga_xIn_{1-x}N$  oder  $Ga_xAl_{1-x}N$  aufweist, die eine elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge kleiner oder gleich 480 nm, insbesondere kleiner oder

gleich 370 nm, aussendet, wobei das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von der Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches umwandelt. Das heißt zum Beispiel, daß das Lumineszenzkonversionselement eine von der Leuchtdiodeneinrichtung ausgesandte Strahlung spektral selektiv absorbiert und im längerwelligen Bereich (im zweiten Wellenlängenbereich) emittiert. Idealerweise weist die von der Leuchtdiodeneinrichtung ausgesandte Strahlung bei einer Wellenlänge von kleiner gleich 370 nm ein Strahlungsmaximum auf. Ein besonderer Vorteil der erfundungsgemäßen Bildanzeigevorrichtung liegt auch darin, daß das über Lumineszenzkonversion erzeugte Wellenlängenspektrum und damit die Farbe des abgestrahlten Lichtes nicht von der Höhe der Betriebsstromstärke durch die Halbleiterleuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung abhängt. Dies hat insbesondere dann große Bedeutung, wenn die Umgebungstemperatur des Halbleiter-Bauelementes und damit bekanntermaßen auch die Betriebsstromstärke stark schwankt. Besonders Leuchtdioden mit einem Halbleiterkörper auf der Basis von GaN sind diesbezüglich sehr empfindlich. Außerdem benötigt die erfundungsgemäße Bildanzeigevorrichtung lediglich eine einzige Ansteuerspannung und damit auch nur eine einzige Ansteuerschaltungsanordnung, wodurch der Bauteilaufwand sehr gering gehalten werden kann.

Bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der erfundungsgemäßen Bildanzeigevorrichtung sind dem Lumineszenzkonversionselement oder einer anderen strahlungsdurchlässigen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren zugesetzt. Hierdurch läßt sich vorteilhafterweise der Farbeindruck und die Abstrahlcharakteristik der Bildanzeigevorrichtung optimieren.

Von besonderem Vorteil emittiert die auf der einen Seite des Trägers ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung UV-Licht mit Wellenlängen von kleiner oder gleich 370 nm. Hierbei ist eine vollständige Umwandlung des UV-Lichtes durch die Lumineszenzkonversionselemente nicht erforderlich, da der ultraviolette Anteil nicht zu Farbveränderungen im sichtbaren Spektrum führt. Im übrigen kann durch Versiegeln mit einem UV-un durchsichtigen Lack oder durch eine Montage der Bildanzeigevorrichtung hinter einer Glasscheibe ein gegebenenfalls verbleibender Anteil des ausgesandten UV-Lichtes einfach ausgefiltert werden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeitkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der (einzigsten) Figur, welche in schematischer Darstellung eine hochauflösende, mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung in der Form eines sogenannten True Color Displays zeigt.

Die in der Figur dargestellte Bildanzeigevorrichtung umfaßt eine monolithisch integrierte Anordnung 1, ein sogenanntes Array, bestehend aus einem durchsichtigen bzw. wenigstens durchscheinenden Träger 2 aus einem großflächigen Saphir-Substrat, welches relativ kostengünstig mit Scheibendurchmessern von typischerweise drei Zoll und mehr verfügbar ist, einer auf der einen Seite des Trägers 2 ausgebildeten und aus GaN-Grundmaterial bestehenden Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung 3 mit einer Vielzahl von matrixförmig auf dem Träger 2 angeordneten, elektronisch einzeln ansteuerbaren, im UV-Wellenlängenbereich emittierenden Halbleiter-Leuchtdioden oder -Laserdioden 4, sowie eine Vielzahl von auf der der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung 3

abgewandten Seite des Trägers 2 aufgebrachten Lumineszenzkonversionselementen 5, 6, 7 mit Leuchtstoffen unterschiedlicher Farbe, die das von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung 3 im UV-Wellenlängenbereich emittierte Licht 8 empfangen, in sichtbares Licht 9 umwandeln und wie schematisch dargestellt in einer Richtung quer zur Ebene des Saphir-Substrates 2 abstrahlen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel besitzt jedes Lumineszenzkonversionselement 5 einen Leuchtstoff der Grundfarbe Rot, jedes Lumineszenzkonversionselement 6 einen Leuchtstoff der Grundfarbe Grün, und jedes Lumineszenzkonversionselement 7 einen Leuchtstoff der Grundfarbe Blau. Jeweils ein Tripel der Lumineszenzkonversionselemente 5, 6, 7 stellt somit einen Bildpunkt bzw. Pixel der Bildanzeigevorrichtung dar und ermöglicht die Abstrahlung voll farbiger Bilder, wobei in an sich bekannter Weise mittels geeigneter Leuchtstoffe für drei Grundfarben das gesamte sichtbare Spektrum dargestellt werden kann. Neben den drei bevorzugt verwendeten Grundfarben Rot, Grün und Blau sind selbstverständlich auch andere geeignete Grundfarben realisierbar, ohne das Grundprinzip der Erfahrung zu verlassen. Geeignete Materialien für die Farbstoffe der in den drei Grundfarben Rot, Grün, Blau leuchtenden Lumineszenzkonversionselemente 5, 6, 7 sind beispielsweise ZnS : Ag, ZnS : Cu, Al und ZnCdS : Ag. Die im UV-Wellenlängenbereich emittierenden Halbleiter-Leuchtdioden 4 umfassen mittels an sich bekannter Halbleitertechnologie-Fertigungsschritte unmittelbar auf der einen Seite des Trägers 2 streifenförmig strukturierte Spalten 10 aus n-dotiertem GaN-Material, auf denen zur Ausbildung eines pn-Übergangs bzw. UV-Licht erzeugenden Bereiches 11 pdotiertes GaN-Material 12 zur Ausbildung von Zeilen strukturiert ist. Die elektronische Ansteuerung der einzelnen Leuchtdioden bzw. Laserdioden 4 erfolgt über metallische Spaltenleitungen 13 und Zeilenleitungen 14 in Form von Metallbahnen, welche mit an sich bekannten Halbleitertechnologie-Strukturierungs- und Fertigungsmaßnahmen hergestellt werden, und welche zur Ansteuerung der einzelnen Bildpunkte mit Spalten- und Zeilenadress-Signalen von einer (nicht näher dargestellten) Ansteuerschaltung versorgt werden.

Jedes Lumineszenzkonversionselement kann beispielsweise aus einem transparenten Epoxidharz oder auch Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastmaterial bestehen, das mit geeigneten organischen oder anorganischen Farbstoffmolekülen versehen ist. Vorteilhafterweise lassen sich insbesondere anorganische Leuchtstoffe in Epoxidharz auf einfache Weise homogen verteilen. Die Lumineszenzkonversionselemente 5, 6, 7 werden in konstanter Stärke und mit gleichen Grundflächen vorzugsweise durch Siebdruck oder andere kostengünstig durchzuführende Verfahren auf den Träger 2 aufgebracht.

Das oben beschriebene Ausführungsbeispiel ist selbstverständlicherweise nicht auf die Verwendung von GaN-Material beschränkt. Es kann auch mit jedem dem Fachmann zur Herstellung von blauer oder ultravioletter elektromagnetische Strahlung emittierenden Halbleiterkörpern als geeignet bekannten Materialsystem realisiert werden.

## Bezugszeichenliste

- 1 monolithisch integrierte Anordnung
- 2 Träger
- 3 Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung
- 4 Halbleiter-Leuchtdioden oder -Laserdioden
- 5, 6, 7 Lumineszenzkonversionselemente
- 8 emittiertes Licht
- 9 sichtbares Licht

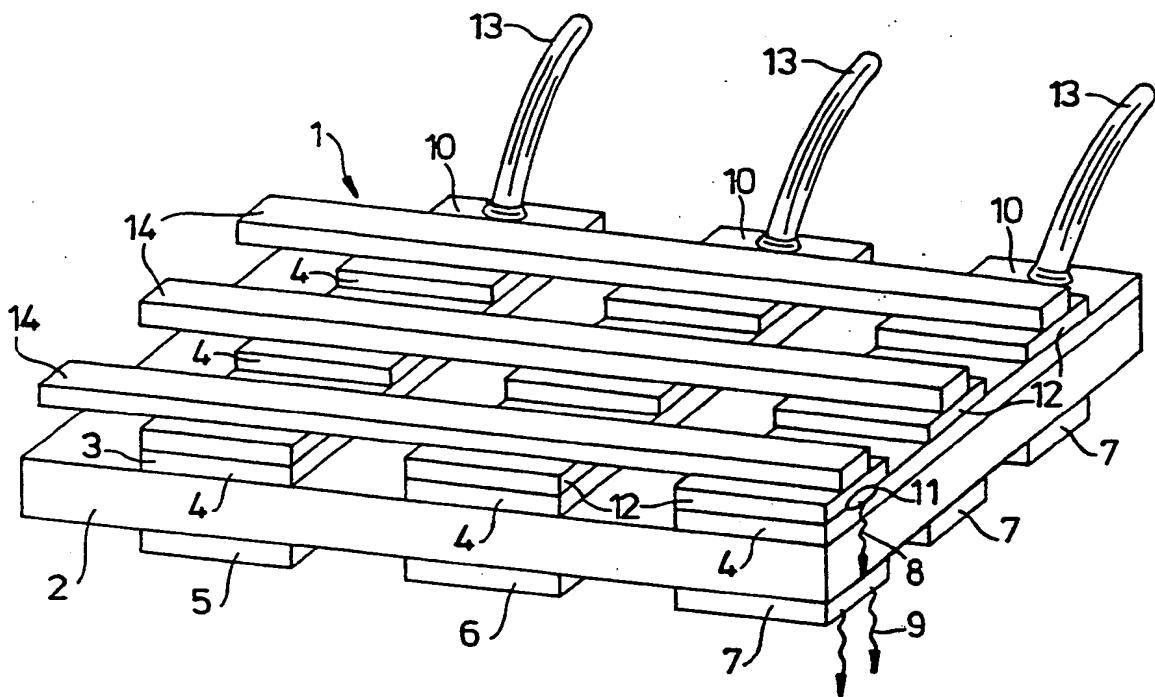
- 10 Spalten**  
**11 pn-Übergang**  
**12 GaN-Material**  
**13 Spaltenleitungen**  
**14 Zeilenleitungen**

5

**Patentansprüche**

1. Mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß ein Träger (2) vorgesehen ist, auf dessen einer Seite mindestens eine Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) ausgebildet ist, und daß der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) eine Mehrzahl von optisch voneinander getrennten Lumineszenzkonversionselementen (5, 6, 7) mit Leuchtstoffen unterschiedlicher Farbe zugeordnet ist, die jeweils zumindest einen Teil eines von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) emittierten Lichtes (8) absorbieren, in sichtbares Licht (9) anderer Wellenlänge umwandeln und abstrahlen, wobei die Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) mit dem Träger (2) als monolithisch integrierte Anordnung (1) ausgebildet ist. 10
2. Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittiert. 20
3. Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) durchsichtig bzw. wenigstens durchscheinend ausgebildet ist und daß die Lumineszenzkonversionselemente (5, 6, 7) auf der der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) abgewandten Seite des Trägers (2) aufgebracht sind. 30
4. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Träger (2) aufgebrachten Lumineszenzkonversionselemente (5, 6, 7) abwechselnd mit Leuchtstoffen der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau ausgestattet sind. 40
5. Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Farbstoffe für die in den drei Grundfarben Rot, Grün, Blau leuchtenden Lumineszenzkonversionselemente (5, 6, 7) ZnS : Ag, ZnS : Cu, Al bzw. ZnCdS : Ag verwendet wird. 45
6. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die auf der einen Seite des Trägers (2) ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) eine Vielzahl von matrixförmig auf dem Träger (2) angeordneten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdioden (4) aufweist, die jeweils einzeln elektronisch ansteuerbar sind. 50
7. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der durchsichtige bzw. wenigstens durchscheinende Träger (2) durch ein Saphir-Substrat ausgebildet ist. 55
8. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Grundmaterial der monolithisch integrierten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeeinrichtung (3) GaN aufweist. 60
9. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl der auf dem Träger (2) ausgebildeten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdioden (4) zeilen- und spaltenweise angeordnet und elektrisch ansteuerbar sind. 65

**- Leerseite -**



**TRANSLATION FROM GERMAN**

(19) FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY (12) Patent Specification  
**DE 196 45 035 C1** (51) Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 N 9/30

(10) File No.: 196 45 035.7-31  
(21) Application Date: 10/31/96  
(22) Disclosure Date: -  
GERMAN (43) Patent Issue  
PATENT OFFICE (45) Publication Date: 04/30/98

DE 196 45

An objection may be filed within 3 months following publication of issue(73) Patent Holder(s):

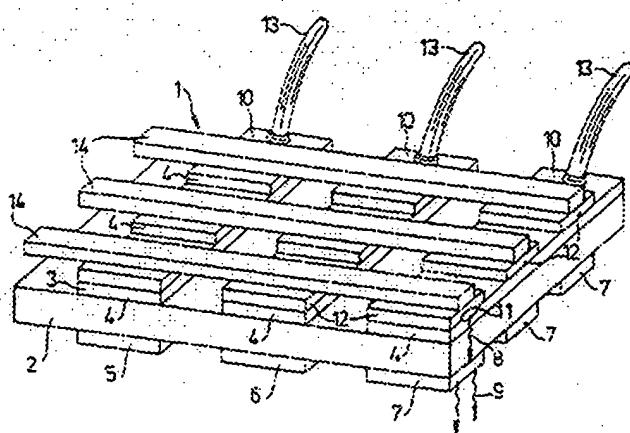
Siemens AG, 80333 Munich, DE

(72) Inventor(s):  
Averbeck, Robert, Dr.,  
81371 Munich;  
Tews, Helmut, Dr.,  
82008 Unterhaching, DE

(56) Publications taken into consideration for patentability evaluation:  
DE 28 20 889 C2  
DD 01 51 828  
US-P.: RAALTE, from: "Matrix TV displays: Systems and circuit problems," in : IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. CE-21, No. 3, August 1975, p. 213-219 DE-P.: REUBER, C.: "Flachbildschirme... der weite Weg zu Nipkows Vision" [Flat-panel displays... the Long Trail to Nipkov's Vision], in: Fernseh- und Kino-Technik [Television and Motion Picture Technology], Vol. 47, No. 4, 1993, p. 231-242

**(54) Multicolored light-emitting display device**

(57) The invention relates to a high-resolution, multi-colored light-emitting display device with a monolithically integrated array (1). The monolithically integrated array (1) exhibits a transparent or at least translucent substrate (2) on one side of which a semiconductor LED or laser diode device (3), preferably emitting in the UV wavelength range, is structured. A multiplicity of luminescence converting elements (5; 6, 7) with luminescent substances of a predetermined color is applied to the substrate (2). The elements optically separated from one another and associated with the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device. The elements receive the light emitted in the UV wavelength range (8) by the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device (3), convert it into visible light (9), and emit the light in the visible spectrum.



### Description

The invention relates to an image display device emitting multicolored light, in particular a high-resolution image display device, with a monolithically integrated array.

As substitute for currently used cathode ray tubes for high-resolution colored display of images, image display devices with a monolithically integrated array are currently being developed, which can be produced by production steps used in semiconductor technology. Due to their markedly reduced structural height, the new technology can be provided for entirely new kinds of applications, such as eyeglasses with a built-in color display, or the like. Although LEDs or similar light-emitting individual semiconductor components, which light up in different colors, are already available, nevertheless the production of high-resolution multicolor image display devices presents considerable technical difficulties, among other reasons because LEDs for the three basic colors of red, green and blue cannot be produced using a uniform epitaxial technique. Because of the major differences in material of the individual semiconductor components lighting up in different colors that are required to produce such displays, where the basic materials are GaAsP:N, InGaAlP, and InGaAlN, no solution to the technical difficulties can be expected even in the future. The currently practiced mounting of various finished LED chips on one substrate involves very high costs and is also associated with an only slight attainable resolution.

John A. van Raalte, in "Matrix TV Displays: Systems and Circuit Problems", published in IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. CE-21, No. 3, Aug. 1975, pp. 213-219, discloses a plasma image display device emitting multicolored light. There, plasma elements that emit UV light can be combined with photoluminescence phosphors. Television display devices are also known in which LEDs are disposed in a matrix.

C. Reuber, in "Flachbildschirme . . . der weite Weg zu Nipkows Vision" [Flat Screens--the Long Trail to Nipkov's Vision], published in Fernseh- und Kino-Technik [Television and Motion Picture Technology], Vol. 47, No. 4, 1993, pp. 231-242, discloses a television picture reproducing device operating on the principle of the gas discharge technique. In that context it is also known that for full-color reproduction, the neon-argon mixture that lights in an orange red

must be replaced with a gas mixture that produces ultraviolet radiation, and the UV must be transformed with luminous substances into the basic colors RGB.

From East German Patent Disclosure DD 0 151 828, it is known to render UV light visible by having the ultraviolet light incite photoluminescence at a suitable point.

German Patent DE 28 20 889 C2 deals with luminescing substances of oxides of alkali metals, rare earths and phosphorus, and their use in cathode ray tubes, as well as devices for converting UV light into visible light.

It is accordingly an object of the invention to provide a novel multicolor display device of the kind initially designated, which is technologically simple to produce and which displays suitable images in multicolored light.

This object is solved through a display device in accordance with Claim 1.

In accordance with the invention, it is provided in particular that the display device exhibits a monolithically integrated array which comprises a transparent or at least translucent substrate on one side of which a semiconductor LED or laser diode device, preferably emitting in the UV wavelength range, is structured and to which substrate many luminescence converting elements with luminescent substances of a predetermined color are applied. The elements optically separated from one another and associated with the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device. The elements receive the light emitted in the UV wavelength range by the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device, convert it into visible light, and emit the light in the visible spectrum

Instead of a semiconductor light emitting diode or laser diode that emits in the UV wavelength range, in accordance with an added feature of the invention a diode that emits blue light can be used. The particular advantage of a semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode emitting in the UV wavelength range is that it transmits no, or markedly less, visible and hence possibly disturbing residual radiation.

In accordance with an additional feature of the invention, the luminescence converting elements applied to the substrate are provided in alternation with the luminescent substances of the three basic colors. The substances are selected such that upon irradiation especially with UV

light, the entire visible spectrum can be covered. In particular, it may be provided that ZnS:Ag, ZnS:Cu,Al and ZnCdS:Ag, respectively, are used as pigments for the luminescence converting elements that emit in the basic colors of red, green and blue. It is equally possible, however, to use phosphors, such as YAG:Ce and other garnets, thiogallates, aluminates or orthosilicates doped with rare earths, as the luminous substances.

In accordance with an embodiment of the invention that is especially simple to produce, the luminescence converting elements are disposed on a side of the substrate remote from the semiconductor LED or laser diode device.

In accordance with an advantageous embodiment of the invention, the semiconductor LED or laser diode device structured on one side of the substrate exhibits a multiplicity of semiconductor LED or laser diodes disposed in a matrix on the substrate which, respectively, can be electronically individually driven to radiate light in the UV wavelength range. The many semiconductor LEDs or laser diodes are disposed in rows and columns and are electrically triggerable.

It is advantageously provided that the transparent or at least translucent substrate is a sapphire substrate. The sapphire advantageously used as the substrate material is available relatively economically with large surfaces (typically, wafer diameters of three inches and more can be obtained), and because of its remarkably high mechanical stability, it offers the mechanical properties that are demanded simultaneously along with the electronic properties.

In accordance with again an added feature of the invention, the basic material of the monolithically integrated semiconductor LED or laser diode device exhibits GaN. Since the semiconductor material GaN is also suitable for applications in power electronics, this embodiment at the same time makes it possible to integrate line driver circuits or electronic trigger circuits.

It can also be further advantageously provided that the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device on one side of the substrate have a layer sequence of semiconductor materials, in particular a layer sequence with an active layer of  $Ga_x In_{1-x} N$  or  $Ga_x Al_{1-x} N$ , which emit an electromagnetic radiation with a wavelength less than or equal to 480 nm, and in particular less than or equal to 370 nm; the luminescence converting element converts

the radiation of a first spectral range segment, of the radiation originating in a first wavelength range emitted by the LEDs or laser diodes, into radiation of a second wavelength range. This means for instance that the luminescence converting element spectrally selectively absorbs one radiation emitted by the LEDs and emits in the longer-wave range (the second wavelength range). Ideally, the radiation emitted by the LEDs has a maximum radiation at a wavelength of less than or equal to 370 nm. A particular advantage of the image display device in accordance with the invention is also that the wavelength spectrum generated by way of luminescence conversion, and thus the color of the emitted light, does not depend on the magnitude of the operating current intensity through the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device. This is highly significant, particularly whenever the ambient temperature of the semiconductor component, and thus as is well known, the operating current intensity, fluctuates sharply. Especially LEDs having a semiconductor body on the basis of GaN are vulnerable in this respect. Moreover, the image display device in accordance with the invention requires merely a single trigger voltage and thus only a single trigger circuit arrangement, and accordingly the expenditure for components can be kept very low.

In another preferred refinement of the image display device in accordance with the invention, light-scattering particles, so-called diffusers, are additionally added to the luminescence converting element or some other radiation-permeable ingredient of the component sheath. As a result, the color impression and the emission characteristics of the image display device can advantageously be optimized.

Especially advantageously, the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device embodied on the one side of the substrate emits UV light at wavelengths of less than or equal to 370 nm. A complete conversion of the UV light by the luminescence converting elements is not required here, because the ultraviolet component does not lead to color changes in the visible spectrum. In addition, by sealing with a UV-opaque paint or by mounting the image display device behind a pane of glass, any possibly remaining component of the emitted UV light can simply be filtered out.

Other features, advantages and expedient applications of the invention are set forth in the following description of a specific embodiment when read in connection with the accompanying

(single) drawing which shows a schematic view of a high-resolution image display device emitting multicolored light---a so-called true color display.

The display device shown in the drawing includes a monolithically integrated array 1, comprising a transparent (or at least translucent) substrate 2 in the form of a large-area sapphire substrate. Such substrates are available relatively economically in wafer diameters of typically three inches and more. A semiconductor LED or laser device 3 comprising GaN basic material is provided, with many electronically individually driven semiconductor light emitting diodes or semiconductor laser diodes 4 disposed in a matrix on the substrate 2 and emitting in the UV wavelength range, as is a multiplicity of luminescence converting elements 5, 6, 7 with luminescent substances of different colors disposed on a side of the substrate 2 remote from the semiconductor LED or laser diode device 3. The luminescence converting elements 5, 6, 7 receive the light 8 emitted in the UV wavelength range by the semiconductor light emitting diodes or semiconductor laser diodes 3, convert it into visible light 9, and, as shown schematically, emit it in a direction that is transverse to the plane of the sapphire substrate 2. In the exemplary embodiment shown, each luminescence converting element 5 has a luminescent substance of the basic color red. Each luminescence converting element 6 has a luminescent substance of the basic color green. Each luminescence converting element 7 has a luminescent substance of the basic color blue. Each triad of luminescence converting elements 5, 6, 7 thus represents one pixel of the image display device and makes it possible to project full-color images; in a manner known per se, by means of suitable luminescent substances for the three basic colors, the entire visible spectrum can be displayed. Along with the three preferably used basic colors of red, green and blue, it is understood that other suitable basic colors are also feasible without departing from the fundamental principle of the invention. Suitable materials for the pigments of the luminescence converting elements 5, 6, 7 that light up in the three basic colors of red, green and blue are, for instance, ZnS:Ag, ZnS:Cu,Al and ZnCdS:Ag.

The semiconductor light emitting diodes 4 that emit in the UV wavelength range - formed by conventional semiconductor technology production - include columns 10 of n-doped GaN material structured in strips directly on one side of the substrate 2, and on these columns, p-doped GaN material 12 structured to form rows forming a pn junction or a UV light-emitting region 11. The electronic triggering of the individual LEDs or laser diodes 4 is effected via metal

column lines 13 and row lines 14 in the form of metal tracks, which are produced by structuring and production provisions known per se in semiconductor technology, and which for individual pixel triggering are supplied with column and row address signals of a driver circuit (not illustrated in greater detail).

Each luminescence converting element can for instance comprise a transparent epoxy resin, or silicone, thermoplastic or duroplastic material, which is provided with suitable organic or inorganic pigment molecules. Inorganic luminescent substances in particular can advantageously be distributed homogeneously in epoxy resin in a simple way. The luminescence converting elements 5, 6, 7 are applied to the substrate 2 at a constant thickness and with identical areas, preferably by screenprinting or other economically implemented processes.

The above described embodiment is of course not restricted to the utilization of GaN material. Any material system known to the specialist deemed suitable to produce semiconductor bodies emitting blue or ultraviolet electromagnetic radiation can also be used.

#### Reference List

- 1 monolithically integrated array
- 2 substrate
- 3 semiconductor LED or laser diode device
- 4 semiconductor LEDs or laser diodes
- 5, 6, 7 luminescence converting elements
- 8 emitted light
- 9 visible light
- 10 columns
- 11 pn junction
- 12 GaN material
- 13 column lines
- 14 row lines

**Claims**

1. An image display device that emits multicolored light, characterized in that a substrate (2) is provided on one side of which at least a semiconductor LED or laser diode device (3) is structured and that the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device (3) comprises a multiplicity of luminescence converting elements (5, 6, 7), optically separated from each other, with luminescent substances of a predetermined color, each of which absorbs at least a portion of light (8) emitted by said semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device (3), converting and radiating the light into visible light of a different wavelength, whereby the semiconductor light emitting diode or semiconductor laser diode device (3) is structured as an array (1) monolithically integrated into the substrate (2).
2. Image display device in accordance with Claim 1, characterized in that the semiconductor light emitting or laser diode device preferably emits in the UV wavelength range.
3. Image display device in accordance with Claim 1 or 2, characterized in that the substrate (2) is transparent or at least translucent in structure and that the luminescence converting elements (5, 6, 7) are disposed on a side of the substrate (2) remote from the semiconductor LED or laser diode device (3).
4. Image display device in accordance with one of Claims 1 through 3, characterized in that the luminescence converting elements (5, 6, 7) applied to the substrate (2) are provided in alternation with the luminescent substances of the three basic colors red, green and blue.
5. Image display device in accordance with Claim 4, characterized in that ZnS:Ag, ZnS:Cu,Al and ZnCdS:Ag are used as pigments for the luminescence converting elements that emit in the basic colors of red, green and blue.
6. Image display device in accordance with one of Claims 1 through 5, characterized in that the semiconductor LED or laser diode device (3) structured on one side of the substrate (2) exhibits a multiplicity of semiconductor LED or laser diodes (4) disposed in a matrix on the substrate (2) which, respectively, can be electronically individually driven.
7. Image display device in accordance with one of Claims 1 through 6, characterized in that the transparent or at least translucent substrate (2) is formed by a sapphire substrate.

8. Image display device in accordance with one of Claims 1 through 7, characterized in that the basic material of the monolithically integrated semiconductor LED or laser diode device (3) exhibits GaN.
9. Image display device in accordance with one of Claims 1 through 8, characterized in that the semiconductor LEDs or laser diodes (4) embodied on the substrate (2) are disposed in rows and columns and are electrically triggerable.

---

Includes 1 page(s) of drawings

---

DE 196 45 035 C1

- Blank page -

DRAWINGS PAGE 1

Number: DE 196 45  
Int. Cl.<sup>6</sup>: 035 C1  
Publication H 04 N 9/30  
date: April 30,  
1998

